

doi: 10.16446/j.cnki.1001-1994.2015.01.005

四眼斑水龟血液生化指标的检测分析

张珂¹ 洪美玲¹ 史海涛^{1,2} 田丹丹¹ 刘薇薇¹

(1 海南师范大学生命科学学院, 海南海口 571158;

2 中国科学院成都生物研究所, 四川成都 610041)

摘要: 濒危物种四眼斑水龟目前人工养殖成活率不高, 易发病, 因基础研究薄弱而诊治困难。为了建立一套四眼斑水龟血液生化指标的正常参考值, 给该物种的疾病诊断、管理和保护提供理论依据, 测定了 8 只健康四眼斑水龟成体(体质量 215.03 ~ 304.17 g) 血液中 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、肌酐、尿酸、尿素氮、血糖、甘油三酯、谷丙转氨酶、谷草转氨酶、总蛋白、总胆红素的含量和渗透压, 并分析了这些指标的季节变化和性别差异。结果显示, 在夏季, 四眼斑水龟血液中 K^+ 、血糖和总胆红素的含量显著高于冬季, 但总蛋白显著低于冬季 ($P < 0.05$); 其它指标季节变化差异不显著 ($P > 0.05$)。雌性四眼斑水龟血液中尿素氮的含量显著高于雄性 ($P < 0.05$), 而 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、肌酐、尿酸、血糖、甘油三酯、谷丙转氨酶、谷草转氨酶、总蛋白、总胆红素的含量和渗透压, 雌性略高于雄性, 差异不显著 ($P > 0.05$)。研究还分析比较了四眼斑水龟与猪鼻龟(淡水代表种)、翘缘陆龟(陆地代表种)和绿海龟(海洋代表种) 3 种龟血液生化指标的异同, 结果显示, 四眼斑水龟血液中无机离子浓度、肌酐含量和渗透压与淡水龟猪鼻龟一致, 低于绿海龟; 尿素氮和尿酸含量高于其它 3 种龟; 血糖和总蛋白低于绿海龟, 高于猪鼻龟和缘翘陆龟。

关键词: 四眼斑水龟; 血液生化指标; 疾病诊断; 季节变化; 性别差异

四眼斑水龟 (*Sacalia quadriocellata*) 隶属于龟鳖目 (Testudines), 淡水龟科 (Bataguridae), 眼斑水龟属 (*Sacalia*)^[1], 在国内主要分布于海南、广西、广东、江西等省区, 国外主要分布于越南、老挝等地^[2]。由于市场需求大、栖息地环境遭到严重破坏等原因, 四眼斑水龟的种群数量大为缩减, 已被中国濒危动物红皮书列为濒危等级^[3]。四眼斑水龟壳薄、抵抗力差, 因而在人工饲养过程中易患腐甲病、水肿病、肠胃病等^[4-5]。目前龟类疾病的基础研究较为薄弱, 龟病的诊断和治疗因缺乏科学依据而治愈率很低^[5]。

血液是机体主要的物质运输和交换系统, 是构成机体内环境的重要组成部分, 可以维持机体内环境稳定。血液生理生化指标在一定程度上可以反映动物的生理机能、代谢情况以及物种特征

等。如爬行动物血液中尿酸含量升高表明其肾功能可能受到损伤^[6]; 甲壳坏死的龟会出现低蛋白、贫血、高尿酸血症等^[7]。因此, 血液指标已被广泛应用到龟类疾病诊断、个体健康评估^[8]、龟类的管理和保护^[9]等领域。此外, 血液生化指标对环境变化十分敏感, 因而它也是一项重要的环境监测指标^[10]。国外已经报道了多种龟类血液生化指标的正常参考值, 包括生活在海洋的蠓龟 (*Caretta caretta*)^[11-12] 和绿海龟 (*Chelona mydas*)^[13], 生活在淡水环境中的非洲侧颈龟 (*Pleurodira pelomedusidae*)^[14]、牟氏水龟 (*Clemmys muhlenbergii*)^[15] 和红腹伪龟 (*Pseudemys rubriventris*)^[16], 以及生活在陆地的沙漠穴龟 (*Xerobates agassizii*)^[17-18] 等。国内仅报道了乌龟 (*Chinemys reevesi*) 血液生化指标的初步研究^[19] 和四眼斑水

收稿日期: 2014-05-04

作者简介: 张珂(1988—), 女, 硕士研究生, 专业方向为动物学。

通讯作者: 洪美玲(1976—), 女, 教授, 研究方向为动物学。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31372228; 31360642)。

龟的血细胞形态学特征^[20],有关四眼斑水龟的血液生化指标还未见报道。

本研究通过对不同季节雌雄四眼斑水龟血液生化指标的检测分析,尝试建立一套四眼斑水龟血液生化指标的正常参考值,为客观评估濒危物种四眼斑水龟个体健康、诊治疾病提供理论依据。同时,将本研究结果与淡水龟(以猪鼻龟 *Carettochelys insculpta* 为代表)、陆龟(以翘缘陆龟 *Testudo marginata* 为代表)和海龟(以绿海龟 *Chelona mydas* 为代表)的血液生化指标作比较,以分析不同生活环境中龟类血液生化指标的主要异同点。

1 材料和方法

1.1 试验材料及处理

试验用四眼斑水龟于 2003 ~ 2004 年在海南省琼中县湾岭地区购买。挑选四肢健全、活动频繁、四肢能将身体撑起、眼睛明亮有神且体表无外伤、溃烂、破损和寄生虫的健康成体^[20] 8 只(体质量 215.03 ~ 304.17 g),其中 2003 年 8 月采样 4 只,雌、雄各 2 只;2004 年 1 月采样 4 只,雌、雄各 2 只。雄性龟体质量为(204.75 ± 16.01) g,雌性龟体质量为(243.18 ± 15.75) g。将试验龟带回实验室后立即解剖,从其心脏抽取新鲜血液 3 ~ 5 mL 保存在未加抗凝剂的离心管中,低温 4 °C 下冷藏,运送至医院血液分析室,并在 4 h 内完成对血

液生化指标的测定。

1.2 血液生化指标测定

血液生化指标采用海口市一八七医院血液生化自动分析仪(日本奥林巴斯 AU 640 全自动生化分析仪)测定。血液在 4 °C 条件下经 4 000 r/min 离心 10 min,取上清液测定 K⁺、Na⁺、Cl⁻、Ca²⁺、肌酐、尿酸、尿素氮、血糖、甘油三酯、总胆固醇、谷丙转氨酶、谷草转氨酶、总蛋白、总胆红素、渗透压等各项血液生化指标。

1.3 数据处理

使用 SPSS 16.0 统计学软件进行统计学分析。使用 Kolmogorov - Smirnov 对数据的正态性进行检验,经检验所有数据符合正态分布,实验数据以平均数 ± 标准差表示。采用独立样本 T 检验比较各指标间的性别差异和季节差异。

2 结果和分析

2.1 四眼斑水龟血液生化指标的季节变化和性别差异

不同季节和不同性别四眼斑水龟血液生化指标的变化见表 1。由表 1 可见,夏季四眼斑水龟血液中 K⁺、血糖和总胆红素的含量显著高于冬季(P < 0.05),血液中总蛋白的含量则显著低于冬季(P < 0.05)。在夏季,血液中 Na⁺、尿酸、甘油三酯、谷丙转氨酶的含量和渗透压略高于冬季,

表 1 不同季节和不同性别四眼斑水龟血液生化指标的变化

血液生化指标	n	平均值 ± 标准差	范围	夏季(8月份)	冬季(1月份)	雄性 ♂	雌性 ♀
钾(K ⁺)/(mmol·L ⁻¹)	8	3.45 ± 0.50	2.62 ~ 3.97	3.90 ± 0.08 ^a	2.99 ± 0.27 ^b	3.41 ± 0.61	3.48 ± 0.50
钠(Na ⁺)/(mmol·L ⁻¹)	8	135.06 ± 3.75	129.0 ~ 139.6	136.28 ± 5.00	133.85 ± 2.51	132.85 ± 3.90	137.28 ± 2.63
氯(Cl ⁻)/(mmol·L ⁻¹)	8	95.45 ± 2.51	89.5 ~ 97.6	94.98 ± 3.69	95.93 ± 1.21	94.83 ± 3.56	96.08 ± 1.41
钙(Ca ²⁺)/(mmol·L ⁻¹)	8	2.42 ± 0.50	1.81 ~ 3.47	2.35 ± 0.76	2.50 ± 0.18	2.24 ± 0.36	2.61 ± 0.64
肌酐(CRE)/(μmol·L ⁻¹)	8	7.76 ± 2.69	3.0 ~ 12.4	7.40 ± 1.37	8.13 ± 3.98	7.18 ± 3.06	8.35 ± 2.79
尿酸(UA)/(μmol·L ⁻¹)	8	100.51 ± 46.42	42.9 ~ 171.2	117.53 ± 51.07	83.50 ± 44.79	86.70 ± 45.04	114.33 ± 53.37
尿素氮(BUN)/(mmol·L ⁻¹)	7	6.71 ± 4.05	2.1 ~ 13.2	6.09 ± 3.72	7.53 ± 5.55	3.39 ± 1.16 ^a	9.19 ± 3.93 ^b
血糖(Glu)/(mmol·L ⁻¹)	8	5.77 ± 1.68	3.41 ~ 7.95	7.11 ± 1.27 ^a	4.43 ± 0.81 ^b	5.76 ± 1.47	5.79 ± 2.21
甘油三酯(TG)/(mmol·L ⁻¹)	8	1.02 ± 1.25	0.35 ~ 4.19	0.46 ± 0.11	0.66 ± 0.28	0.44 ± 0.10	0.75 ± 0.24
总胆固醇(TC)/(mmol·L ⁻¹)	6	6.13 ± 1.88	3.1 ~ 8.2	5.43 ± 2.58	6.82 ± 1.29	5.04 ± 2.74	6.67 ± 1.68
谷丙转氨酶(ALT)/(U·L ⁻¹)	6	35.00 ± 33.84	11 ~ 112	43.25 ± 46.42	24.00 ± 13.08	29.67 ± 9.02	39.00 ± 48.75
谷草转氨酶(AST)/(U·L ⁻¹)	6	188.57 ± 87.19	88 ~ 347	176.50 ± 120.94	204.67 ± 45.72	160.00 ± 64.9	210.00 ± 110.62
总蛋白(Tb)/(g·L ⁻¹)	8	44.65 ± 11.08	24.7 ~ 57.3	37.08 ± 11.32 ^a	52.23 ± 5.09 ^b	39.53 ± 14.63	49.78 ± 4.79
总胆红素(STB)/(μmol·L ⁻¹)	8	2.90 ± 1.24	1.7 ~ 4.9	3.83 ± 1.21 ^a	1.98 ± 0.31 ^b	2.88 ± 1.40	2.93 ± 1.37
渗透压(Osm)/(mOsm·kg ⁻¹)	6	264.25 ± 7.02	250.56 ~ 273.22	265.04 ± 10.13	263.21 ± 1.81	259.34 ± 7.88	267.94 ± 4.80

注: n 为样本量; 同一指标中同行的不同上标字母表示差异显著(P < 0.05)。

差异不显著 ($P > 0.05$) ; 血液中 Cl^- 、 Ca^{2+} 、肌酐、尿素氮、总胆固醇和谷草转氨酶的含量则略低于冬季, 差异不显著 ($P > 0.05$)。就性别而言, 雌性四眼斑水龟血液中的尿素氮含量显著高于雄性 ($P < 0.05$)。血液中 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、肌酐、尿酸、血糖、甘油三酯、谷丙转氨酶、谷草转氨酶、总蛋白、总胆红素的含量和渗透压略高于雄性, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 四眼斑水龟血液生化指标与其它龟类的比较

四眼斑水龟与淡水龟猪鼻龟、缘翘陆龟和绿海龟血液生化指标的比较见表 2(猪鼻龟、缘翘陆龟和绿海龟的血液生化指标均来自于文献资料)。绿海龟血液中的无机离子浓度和肌酐含量明显高于四眼斑水龟和猪鼻龟; 生长于淡水环境的四眼斑水龟与猪鼻龟血液中的无机离子浓度、肌酐含量及渗透压基本一致。四眼斑水龟血液中尿酸和尿素氮的含量高于其它 3 种龟; 血糖和总蛋白低于绿海龟, 但高于猪鼻龟和缘翘陆龟; 甘油三酯与缘翘陆龟一致; 总胆固醇与绿海龟一致; 谷丙转氨酶和谷草转氨酶均高于缘翘陆龟, 谷草转氨酶低于猪鼻龟和绿海龟; 总胆红素高于猪鼻龟和绿海龟。

3 讨论

大部分爬行动物属排尿酸动物^[24], 因此, 血液中的尿酸含量比尿素氮和肌酐更能准确地反映肾脏功能。通常患有肾病的爬行动物血液中肌酐和尿素氮的含量都在正常范围内, 但尿酸的含量变化幅度很大, 所以血液中尿酸的含量常被作为检测爬行动物肾病的重要生化指标之一^[25]。在本研究中, 四眼斑水龟血液中尿酸正常值在 $42.9 \sim 171.2 \mu\text{mol/L}$, 如果血液中尿酸含量升高, 表明龟的肾功能可能受到损伤^[6]。此外, 甲壳坏死的龟会出现低蛋白、贫血、高尿酸血症等症^[7]。在本研究中, 四眼斑水龟血液中总蛋白含量的正常值在 $24.7 \sim 57.3 \text{ g/L}$ 。因此, 在四眼斑水龟人工饲养过程中, 可通过检测血液中尿酸和蛋白含量来预防腐甲病的发生。

爬行动物的肝脏受损会导致碱性磷酸酶 (ALP) 和谷草转氨酶 (AST) 的活性上升^[25]。当龟类肝脏出现病变时, 血液中谷丙转氨酶 (ALT)、AST 和 ALP 的活性均会升高^[26], 因此可通过检测这几种酶活性的变化来评估龟类肝脏的健康情况。本研究的结果表明, 健康四眼斑水龟血液中 ALT 和 AST 的正常值范围分别为 $11 \sim 112 \text{ U/L}$ 和 $88 \sim 347 \text{ U/L}$ 。此外, 本研究还发现, 四眼斑水

表 2 四眼斑水龟血液生化指标与其它龟类的比较

血液生化指标	四眼斑水龟	猪鼻龟 ^[21]	缘翘陆龟 ^[22]	绿海龟 ^[23]
	<i>Sacalia quadriocellata</i> (淡水龟)	<i>Carettochelys insculpta</i> (淡水龟)	<i>Testudo marginata</i> (陆龟)	<i>Chelona mydas</i> (海龟)
钾 (K^+) / ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	3.45 ± 0.50	3.60 ± 0.36	—	5.3 ± 0.6
钠 (Na^+) / ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	135.06 ± 3.75	138.0 ± 2.4	140.3 ± 5.9	172 ± 5
氯 (Cl^-) / ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	95.45 ± 2.51	112.00 ± 2.54	—	113 ± 5
钙 (Ca^{2+}) / ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	2.42 ± 0.50	1.90 ± 0.13	2.56 ± 0.60	2.70 ± 0.52
肌酐 (CRE) / ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	7.76 ± 2.69	—	8.84 ± 15.29	44.20 ± 8.84
尿酸 (UA) / ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	100.51 ± 46.42	80 ± 40	70.19 ± 57.7	89.22 ± 35.70
尿素氮 (BUN) / ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	6.71 ± 4.05	1.0 ± 0.5	0.92 ± 0.75	1.16 ± 0.83
血糖 (Glu) / ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	5.77 ± 1.68	2.90 ± 0.53	3.42 ± 0.88	6.33 ± 0.83
甘油三酯 (TG) / ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	1.02 ± 1.25	—	1.20 ± 0.85	1.94 ± 0.96
总胆固醇 (TC) / ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	6.13 ± 1.88	—	—	5.61 ± 1.37
谷丙转氨酶 (ALT) / ($\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$)	35.00 ± 33.84	—	8.0 ± 4.6	6 ± 3
谷草转氨酶 (AST) / ($\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$)	188.57 ± 87.19	250 ± 96	38.8 ± 22.1	178 ± 50
总蛋白 (Tb) / ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	44.65 ± 11.08	12.0 ± 2.8	20.3 ± 9.8	51 ± 8
总胆红素 (STB) / ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	2.90 ± 1.24	1.0 ± 0.437	—	1.71 ± 0.684
渗透压 (Osm _p) / ($\text{mOsm}\cdot\text{kg}^{-1}$)	264.25 ± 7.02	267.0 ± 4.5	—	—

注 “—”表示文献中没有检测结果; 数据根据血液生化单位转换表转换成统一单位。

龟血液中 ALT 的活性明显高于缘翘陆龟和绿海龟,除物种差异外,可能是由于代谢率的增加而导致酶活性的变化^[21]。如处于冬眠期的沙漠陆龟,可通过降低血液中总蛋白、白蛋白、血糖、胆固醇、钙、磷的含量和 AST、ALT、ALP 活性,升高血液中尿素氮和渗透压来维持正常的代谢需求^[17]。

爬行动物的血糖含量常常受到物种、营养状况及环境等因素的影响。赫尔曼陆龟(*Testudo hermanni*) 在 6 月份的血糖含量 3.89 mmol/L(70 mg/dL) 显著高于 10 月份 2 mmol/L(36 mg/dL)^[27],与本研究中四眼斑水龟在 8 月份血糖含量高于 1 月份的结果一致,这可能是因夏季温度升高,机体代谢加快而引起的^[28]。Pagés 等报道,地中海拟水龟血液中的总蛋白含量在夏季略低于冬季,但差异不显著^[28]。本研究中,四眼斑水龟血液中总蛋白的含量夏季显著低于冬季,在 Des-sauer 报道的爬行动物血液总蛋白含量 30~70 g/L 的范围内^[29]。在野外条件下发现,四眼斑水龟没有冬眠期,产卵时间一般为 1 月底至 4 月初,冬季血液中总蛋白含量较高,可能与产卵行为有关。因此,人工饲养过程中,产卵季可在饲料中适当补充一些蛋白质。四眼斑水龟血糖和血液中总蛋白的含量低于绿海龟,高于猪鼻龟和翘缘陆龟,说明四眼斑水龟在正常生理活动时需要更多的能量。

根据以往的报道,季节变化对雌性爬行动物的影响显著大于雄性动物^[27]。卵泡的形成受温度、营养(尤其是脂肪)等因素的影响,因此,在繁殖期间雌性爬行动物血液中脂质的含量将升高^[30],而脂质中的甘油三酯和总胆固醇的含量与卵黄发生和产卵行为的相关性更高。Scope 等研究发现,在繁殖期,雌性赫尔曼陆龟血液中甘油三酯、总胆固醇、碳酸酐酶和磷的含量显著高于雄性,且呈现季节性变化^[27]。在本研究中,雌性四眼斑水龟血液中的血糖、Ca²⁺、甘油三酯、总胆固醇、总蛋白含量高于雄性,但差异不显著。Metin 等^[9]研究了欧洲池龟(*Emys orbicularis*) 血液生化指标的性别差异后发现,雌龟的谷丙转氨酶 ALT 活性显著低于雄龟,谷草转氨酶 AST 活性低于雄性,但差异不显著;而四眼斑水龟却恰恰相反,雌性血液中谷丙转氨酶 ALT 和谷草转氨酶 AST 略高于雄性,差异不显著。以上两个物种出现这种反差性极大的结果,其原因尚不清楚。绿海龟血

液生化指标的性别差异仅存在于血液中尿酸和胆固醇的含量^[23];猪鼻龟由于繁殖期代谢及能量需求不同而产生较明显的性别差异,雌性血液中钙、磷、白蛋白、胆固醇、甘油三酯的含量显著高于雄性^[21]。在本研究中,雌性四眼斑水龟血液中的尿素氮显著高于雄性,肌酐、尿酸、总胆红素含量和渗透压高于雄性,但差异不显著。此外,除物种类别不同、性别差异外,四眼斑水龟与其它龟类血液生化指标的差异还可能与年龄、生理状态、季节、温度、饮食、栖息地等多种内外在因素有关^[31],这方面的相关研究还有待进一步开展。

综上所述,四眼斑水龟血液部分生化指标在不同季节、不同性别之间存在一定差别。在饲养过程中,可以通过检测龟血液中尿酸和蛋白的含量来预防腐甲病的发生,通过检测碱性磷酸酶(ALP)、谷草转氨酶(AST)和谷丙转氨酶(ALT)等酶活性的变化来评估肝脏的健康情况。与 3 种不同生态类型龟的血液生化指标比较的结果显示,四眼斑水龟的血液生化指标值与淡水种类最接近。受诸多因素的影响,本研究中四眼斑水龟的样本较少,血液生化指标的正常参考值还有待于今后收集获取更多的血液样本加以补充和完善。

参考文献

- [1] GRAY J E. Supplement to the Catalogue of Shield Reptiles in the Collection of the British Museum: With Figures of the Skulls of 36 Genera. Testudinata(tortoises) [M]. Order of the Trustees, 1870.
- [2] 张孟闻,宗愉,马积藩. 中国动物志爬行纲[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 86-144.
- [3] 赵尔宓. 中国濒危动物红皮书——两栖类和爬行类[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 86-172.
- [4] 周婷. 四眼斑水龟及其人工饲养条件下的生态[J]. 四川动物, 1997, 15(增刊): 147-150.
- [5] 王志伟,洪美玲,史海涛. 四眼斑龟的养殖管理及几种常见病的治疗[J]. 四川动物, 2009, 28(3): 452-454.
- [6] KÖLLE P, HOFFMANN R. Renal diseases in reptiles: diagnostic tools[C]. Proc. Abstr. EAZA Scientific Meeting, 2001, 23(26): 5.
- [7] KNOTKOVÁ Z, MAZANEK S, HOVORKA M, et al. Haematology and plasma chemistry of Bornean River turtles suffering from shell necrosis and haemogregarine parasites[J]. Veterinary Medicine, 2005(9): 421-426.
- [8] JOYNER P H, SHREVE A A, SPAHR J, et al. Phaeoohyphomycosis in a free-living eastern box turtle(*Terrapene carolina carolina*) [J]. Journal of Wildlife Diseases, 2006, 42(4): 883-888.

- [9] METIN K ,TÜRKOZAN O ,KARGIN F ,et al. Blood cell morphology and plasma biochemistry of the captive European Pond Turtle *Emys orbicularis* [J]. *Acta Veterinaria Hungarica* ,2006 ,75: 49 – 55.
- [10] JACOBSON E R ,GASKIN J M ,BROWN M B ,et al. Chronic upper respiratory tract disease of free – ranging desert tortoises(*Xerobates agassizi*) [J]. *Journal of Wildlife Diseases* ,1991 ,27: 296 – 316.
- [11] KAKIZOE Y K ,SAKAOKA K ,KAKIZOE F ,et al. Successive changes of hematologic characteristics and plasma chemistry values of juvenile Loggerhead Turtles(*Caretta caretta*) [J]. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* ,2007 ,38(1) : 77 – 84.
- [12] FLINT M ,MORTON J M ,LIMPUS C J ,et al. Reference intervals for plasma biochemical and hematologic measures in Loggerhead Sea Turtles(*Caretta caretta*) from Moreton Bay ,Australia [J]. *Journal of Wildlife Diseases* ,2010 ,46: 731 – 741.
- [13] SNODDY J E ,LANDON M ,BLANVILLAIN G ,et al. Blood biochemistry of sea turtles captured in Gillnets in the lower Cape Fear River ,North Carolina ,USA [J]. *Journal of Wildlife Management* ,2009 ,73(8) : 1394 – 1401.
- [14] FRAIR W ,MITTERMEIER R A ,RHODIN A J G. Blood biochemistry and relations among Podocnemis turtles (*Pleurodira Pelomedusidae*) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology* , 1978 ,61B: 139 – 143.
- [15] BRENNER D ,LEWBART G ,STEBBINS M ,et al. Health survey of wild and captive Bog Turtles(*Clemmys muhlenbergii*) in North Carolina and Virginia [J]. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* , 2002 ,33: 311 – 316.
- [16] INNIS C J ,TLUSTY M ,WUNN D. Hematologic and plasma biochemical analysis of juvenile head – started Northern Red – bellied Cooters (*Pseudemys rubriventris*) [J]. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* ,2007 ,38: 425 – 432.
- [17] CHRISTOPHER M M ,BERRY K H ,WALLIS I R ,et al. Reference intervals and physiologic alterations in hematologic and biochemical values of free – ranging desert tortoises in the Mojave Desert [J]. *Journal of Wildlife Diseases* ,1999 ,35(2) : 212 – 238.
- [18] DICKINSON V M ,JARCHOW J L ,TRUEBLOOD M H. Hematology and plasma biochemistry reference range values for free – ranging desert tortoises in Arizona [J]. *Journal of Wildlife Diseases* ,2002 ,38(1) : 143 – 153.
- [19] 刘文生 李勇. 乌龟血液生物化学指标的初步研究 [J]. *水生生物学报* ,2006 ,30(4) : 499 – 501.
- [20] 傅丽容 洪美玲 史海涛 等. 四眼斑龟的血细胞形态及血液检验分析 [J]. *动物学杂志* ,2005 ,39(6) : 73 – 76.
- [21] WARD J L ,HALL K ,CHRISTIAN L S ,et al. Plasma biochemistry and condition of hatchling Pig – nosed Turtles(*Carettochelys insculpta*) [J]. *Herpetological Conservation and Biology* ,2012 ,7(1) : 38 – 45.
- [22] MONTANE J ,MARCO I ,MARTINEZ – SIVESTRE A ,et al. Effect of venipuncture site on hematologic and serum biochemical parameters in marginated tortoise(*Testudo marginata*) [J]. *Journal of Wildlife Diseases* ,2003 ,39(4) : 830 – 836.
- [23] BOLTEN A B ,BJORNDAL K A. Blood profiles for a wild population of green turtles(*Chelonia mydas*) in the southern Bahamas: size – specific and sex – specific relationships [J]. *Journal of Wildlife Diseases* ,1992 ,28(3) : 407 – 413.
- [24] KNOTKOVÁ Z ,DOUBEK J ,KNOTEK Z ,et al. Blood cell morphology and plasma biochemistry in Russian tortoises(*Agrionemys horsfieldi*) [J]. *Acta Veterinaria Brno* ,2002 ,71(2) : 191 – 198.
- [25] DIVERS S J ,REDMAYNE G ,AVES E K ,et al. Haematological and biochemical values of 10 green iguanas (*Iguana iguana*) [J]. *Veterinary Record* ,1996 ,138: 203 – 205.
- [26] DIVERS S J ,COOPER J E. Reptile hepatic lipidosis [C]. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*. WB Saunders ,2000 ,9(3) : 153 – 164.
- [27] SCOPE A ,SCHWENDENWEIN I ,SCHAUBERGER G. Characterization and quantification of the influence of season and gender on plasma chemistries of Hermann's tortoises (*Testudo hermanni* , Gmelin 1789) [J]. *Research in Veterinary Science* ,2013: 59 – 68.
- [28] PAGÉS T ,PEINADO V I ,VISCOR G. Seasonal changes in hematology and blood chemistry of the freshwater turtle *Mauremys caspica leprosa* [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology* , 1992 ,103A: 275 – 278.
- [29] DESSAUER H C. Blood chemistry of reptiles: physiological and evolutionary aspects [J]. *Biology of the Reptilia* ,1970 ,3(1) : 1 – 72.
- [30] LANCE V A ,PLACE A R ,GRUMBLES J S ,et al. Variation in plasma lipids during the reproductive cycle of male and female desert tortoises ,*Gopherus agassizii* [J]. *Journal of Experimental Zoology* ,2002 ,293(7) : 703 – 711.
- [31] GOTTDENKER N L ,JACOBSON E R. Effect of venipuncture sites on hematologic and clinical biochemical values in desert tortoises(*Gopherus agassizii*) [J]. *American Journal of Veterinary Research* ,1995 ,56: 19 – 21.